

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18380022
 研究課題名（和文） カンキツ‘無核紀州’由来の無核性発現機構の解明と無核性カンキツ育種技術の開発
 研究課題名（英文） Study on a mechanism of seedless expression derived from ‘Mukaku Kishu’ and development of breeding technique in seedless citrus
 研究代表者
 北島 宣 (KITAJIMA AKIRA)
 京都大学・農学研究科・教授
 研究者番号：70135549

研究成果の概要（和文）：‘無核紀州’由来の無核性発現には植物生長調節物質は直接的に関与していないことが明らかとなった。この無核性発現機構は、高温条件で解除され、種子が形成されることが明らかとなった。開花0～4週間後の高温が無核性発現機構の解除に関与することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：Seedless expression derived from ‘Mukaku Kishu’ is not directly related with plant growth substances. A mechanism of seedless expression derived from ‘Mukaku Kishu’ is released by high temperature and the seeds are developed. It is suggested that the high temperature during 0 to 4 weeks after flowering would be related with a release of the seedless expression mechanisms.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	10,300,000	3,090,000	13,390,000
2007年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：

科研費の分科・細目：園芸学・造園学

キーワード：カンキツ、無核性、育種、温度環境、種子形成、生長調節物質、DNA マーカー

1. 研究開始当初の背景

カンキツにおいて無核性は最も重要な育種目標のひとつである。無核性を発現する遺伝的要因としては、自家不和合性、雄性不稔性、雌性不稔性、早期の種子の発育停止などがある。そのなかで、自家不和合性や雄性不稔性は他家花粉が受粉されると種子を形成する。そのため、安定した無核性の発現には、雌性不稔性や早期の種子の発育停止が最も重要な形質である。キシウミカンには有核で

あるが、その変異品種である‘無核紀州’は安定した無核性を発現する。しかし、‘無核紀州’の無核性発現の機構はよく分かっていない。‘無核紀州’はマンダリンと交雑することにより、その後代に無核個体が1：1の割合で出現すること、ブンタンとの交雑では、無核個体が1：3の割合で出現する場合や無核個体が出現しない場合があることから、‘無核紀州’の無核性は遺伝形質であり、1個の優性遺伝子（*Fs*）と無核性の発現を優性

に抑制する遺伝子 (*Is*) に支配されている可能性が示唆され、‘無核紀州’の遺伝子型は *Fsfs-isis*、マンダリンは *fsfs-isis*、後代に無核個体が出現するブンタンは *fsfs-Isis* と仮定されている。そのため、‘無核紀州’は無核性カンキツの育種素材として、世界的にも注目されている。カンキツの効率的な育種には早期選抜 DNA マーカーが強く望まれており、‘無核紀州’後代における無核性個体の選抜では、無核性の遺伝子から約 10cM で連鎖する *Fs* マーカーはすでに開発されているが、*Is* マーカーは開発されておらず、種子数の多いブンタンにおいて無核性ブンタンの効率的な育種のネックとなっている。

2. 研究の目的

申請者はこれまで‘無核紀州’由来の無核性発現に関する研究を行っており、‘無核紀州’およびその後代の無核品種・系統はいずれも、不受精胚珠よりやや大きく緑色で膨らみがあり種皮が未発達な種子 (仮称 A タイプ種子) を形成し (第 1 図)、ほとんどの胚が接合子から前胚で発育停止しているが、胚乳は退化していないことを明らかにし、‘無核紀州’由来の無核性の発現には、胚の発育停止か種皮の発育停止が関与していると考えられた。しかし、胚の発育停止が接合子の遺伝子型に基づくとするならば、果実中のすべての種子が発育停止することや無核性の後代が出現することが説明できないため、種子親の遺伝子型に基づいて無核性が発現すると考えるのが妥当である。一方、申請者は‘無核紀州’由来の無核品種・系統において胚が球状胚~子葉型胚にまで発達し、やや大きい種子が出現することや、キシウミカンの有核品種である‘平紀州’において、まれには A タイプ種子のような種子が形成され、このような果実では果肉の着色が進んでいることを観察した。また、‘平紀州’にジベレリンを処理すると、A タイプ種子がわずかながら出現することや、‘無核紀州’後代の無核品種‘サザンイエロー’において、露地栽培ではすべて A タイプ種子を形成するのに対し、加温栽培では、種子がやや大きく種皮が発達することを観察した。これらのことは、種子の発育を人為的に制御できることを示唆しており、ジベレリンやエチレンなどの植物ホルモンが関与している可能性が推定された。

そこで本研究は、‘無核紀州’と‘平紀州’の種子および胚の発育を詳細に比較調査し、形態形成に差異の生じる時期と組織を明らかにし、植物ホルモンおよびそれらの生合成阻害剤や作用阻害剤を処理して種子発育に及ぼす影響を明らかにする。また、‘サザンイエロー’の加温栽培を行い、温度環境が種子および胚の発育に影響を及ぼすかを明らかにする。さらに、‘サザンイエロー’後代の交雑実生を育成し、種子形成を調査するとともに、DNA 多型解析を行って *Is* マーカーを開発し、無核性カンキツの育種における早期選抜技術を確立する。

3. 研究の方法

(1) 植物生長調節物質が無核紀州型の無核性発現に及ぼす影響

① オーキシシン、サイトカイニン様物質およびジベレリン処理

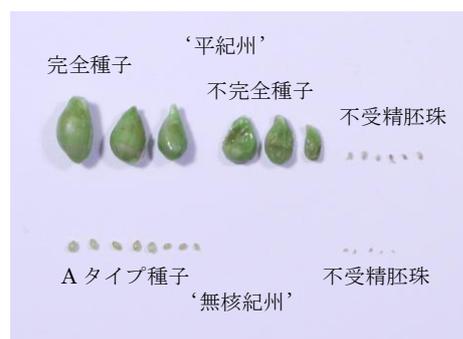
‘紀州丸蜜柑’ (有核品種) と‘無核紀州’を用いて CPPU (フルメット) および NAA 処理を行った。また、‘平紀州’および‘無核紀州’を用いて GA₃ 処理を行った。受粉 4, 5 週間後 (4・5W) および受粉 8, 9 週間後 (8・9W) に CPPU 10ppm, 100ppm, NAA 1ppm, 10ppm, GA₃ 50ppm, 500ppm 溶液を処理する区および蒸留水を処理する無処理区を設けた。受粉 14 週間後に果実を採取して、種子数を調査するとともに、種子を完全種子, 不完全種子, 胚珠様種子および A タイプ種子に分け、胚の発育を透明化法で調査した。

② ジベレリンおよびウニコナゾール処理

‘平紀州’および‘無核紀州’を供試した。受粉 6, 7, 8, 9 週間後に GA₃ ペースト 500ppm, ウニコナゾール 2.5ppm, ウニコナゾール 25ppm を処理する区および蒸留水を処理する無処理区を設けた。GA₃ 500ppm と GA₃ 1000ppm は、受粉 6 週間後から 10 週間後まで毎週処理を行う 6-10W 区, 受粉 7 週間後から 10 週間後まで毎週処理を行う 7-10W 区, 受粉 8 週間後から 10 週間後まで毎週処理を行う 8-10W 区, 受粉 9 週間後と 10 週間後に処理を行う 9-10W 区を設け、受粉 12 週間後に果実を採取して、種子数と胚の発育を調査した。

③ エチクロゼート, STS およびスクロース処理

‘平紀州’および‘無核紀州’を供試した。受粉 8, 10 週間後に果実にエチクロゼート剤 (フィガロン乳剤) 2500 倍 (8W+10W), エチレン作用阻害剤であるチオ硫酸銀 (以下, STS) 0.1mM (8W+10W), 1.0mM (8W+10W), スクロース 3%, 5% (8W+10W) を処理する区を設けた。受粉 14 週間後に果実を採取して、種子数と胚の発育を調査した。



第 1 図 ‘無核紀州’の A タイプ種子

(2) 温度条件が無核紀州型の無核性発現に及ぼす影響

① 温度環境の違いが無核性品種‘サザンイエロー’の種子形成と胚の発育に及ぼす影響

広島県立総合技術研究所農業技術センター生物工学研究部 (東広島市八本松) の加温ガラス室でポット植えの‘サザンイエロー’

3 樹 (a 樹, b 樹, c 樹) を用いた。なお比較として、高知県農業技術センター果樹試験場の露地圃場に栽植の‘サザンイエロー’で調査したデータを用いた。受粉 8, 10, 14, 18 週間後の果実を採取して胚の発育を調査し、受粉 18 週間後に種子数調査を行った。

2006 年に、上記で用いたポット植え‘サザンイエロー’ a 樹と b 樹を用い、a 樹は前年と同様、加温ガラス室内で生育させ、b 樹は加温ガラス室から屋外へ移動して露地で生育させた。また、高知県農業技術センター果樹試験場の露地圃場に栽植の‘サザンイエロー’ 1 樹を供試した。受粉 10, 14, 18 週間後の果実を採取して前年と同様の調査を行い、12 月 5 日に果実を収穫して果実重と種子数を調査した。

2007 年に広島県立総合技術研究所農業技術センター生物工学研究部 (東広島市八本松) の‘サザンイエロー’ポット a, b, c 樹を同センター果樹研究部 (東広島市安芸津町) に移動した。a 樹と c 樹は、加温ガラス室で生育させ、b 樹は前項と同様、露地で生育させた。受粉 18 週間後の果実を採取し、前年と同様の調査を行った。

② 高温処理の違いが‘無核紀州’の胚の発育に及ぼす影響

2007 年に、近畿大学附属農場に栽植の‘無核紀州’を供試し、果実温度を高めるために果実のビニール袋かけ処理を行って以下の処理区を設けた。

- ① 受粉 0-4 週間 (5/14~6/6: 以下, 0-4W),
- ② 受粉 2-4 週間 (5/26~6/6: 以下, 2-4W),
- ③ 受粉 4-6 週間 (6/6~6/21: 以下, 4-6W),
- ④ 受粉 4-8 週間 (6/6~7/5: 以下, 4-8W),
- ⑤ 受粉 6-8 週間 (6/21~7/5: 以下, 6-8W),
- ⑥ 受粉 8-10 週間 (7/5~7/17: 以下, 8-10W),
- ⑦ 受粉 8-12 週間 (7/5~8/4: 以下, 8-12W),
- ⑧ 受粉 12-16 週間 (8/4~9/2: 以下, 12-16W),
- ⑨ 受粉 0-12 週間 (5/16~8/4: 以下, 0-12W),
- ⑩ 無処理

果実の表面温度を熱電対とデータロガーで 30 分ごとに測定した。受粉 18 週間後に果実を採取して種子数および種子長を測定し、透明化法で胚の発育を調査した。

③ 無核紀州型の無核性発現を制御する温度条件

2007 年の近畿大学附属農場において、‘無核紀州’の袋かけによる高温処理により、胚の発育促進が認められた受粉 0-4 週間処理、受粉 2-4 週間処理と無処理の 3 処理区について温度解析を行った。また、2006 年に A タイプ種子の発育が多くみられた広島県立総合技術研究所農業技術センター生物工学研究部 (東広島市八本松) の加温ガラス室内のポット植えの‘サザンイエロー’と、2007 年に A タイプ種子の発育がほとんどみられなかった広島県立総合技術研究所農業技術センター果樹研究部 (東広島市安芸津町) の加温ガラス室内および露地のポット植えの‘サザンイエロー’についても温度解析を行い、A タイプ種子の発育に関与する温度域を明らかにしようとした。

(3) ‘無核紀州’由来の無核性マーカーの開発

CRC2240 × ‘サザンイエロー’交雑実生 46 系統、‘水晶文旦’ × ‘サザンイエロー’交雑実生 77 系統を用い、無核性遺伝子座 (*Fs*) およびブントンが有しているとされている無核性抑制遺伝子座 (*Is*) に連鎖するマーカーを取得するために、RAPD 法によるバルク化連鎖解析を行った。一次選抜では、有核 5 系統、無核 5 系統を用いたバルク間多型解析を、二次選抜では両親間の多型解析を、三次選抜ではバルク構成の各 DNA での分離解析を、四次選抜では、分離集団 20~40 系統を用いたマッピングを行い、得られたマーカーについて、無核表現型との連鎖、すでに開発されている *Fs* マーカーとの連鎖を調べた。

4. 研究成果

(1) 植物生長調節物質が無核紀州型の無核性発現に及ぼす影響

① オーキシン、サイトカイニン様物質およびジベレリン処理

種子形成において、CPPU 処理と NAA 処理では‘無核紀州’に種子の発育は認められず、有核の‘紀州丸蜜柑’にも A タイプ種子の形成が認められなかったことから、両品種とも CPPU 処理および NAA 処理の A タイプ種子形成に及ぼす影響はみられなかった。しかし、‘平紀州’における受粉 8, 9 週間後の GA_3 500ppm 処理で、A タイプ種子が 2 果実で認められた。2 果実はいずれも果実が小さく、完全種子と不完全種子はみられず、A タイプ種子のみが観察された。‘無核紀州’の GA_3 処理では、A タイプ種子以外は形成されなかった。

受粉 14 週間後の胚の発育を調査した結果、CPPU 処理では‘無核紀州’の A タイプ種子において、胚の発育促進効果は認められず、CPPU 100ppm ではいずれの処理時期でも前胚の出現率が低く、胚の発育が抑制される傾向がみられた。一方、‘紀州丸蜜柑’の完全種子においては、受粉 4, 5 週間後処理で両濃度とも子葉型胚の出現率が増加する傾向がみられた。NAA 処理では‘無核紀州’の胚の発育は、無処理とほぼ同様であり、‘紀州丸蜜柑’の胚の発育は、受粉 4, 5 週間後処理において 1ppm で促進され、10ppm で抑制される傾向がみられた。また、 GA_3 処理では、‘無核紀州’の A タイプ種子において、 GA_3 50ppm で前胚の出現率が低下する傾向がみられ、胚の発育がやや抑制された。‘平紀州’の完全種子では、受粉 8, 9 週間後処理で子葉型胚の出現率が 50% 以上となり、対照区の 11.7% に比べ胚の発育は顕著に促進された。一方、‘平紀州’の GA_3 50ppm 受粉 8, 9 週間後処理では、A タイプ種子が形成され、A タイプ種子では接合子や前胚が観察され、胚の発育が顕著に抑制された。このことから、A タイプ種子形成にジベレリンが関与している可能性が示唆された。

② ジベレリンおよびウニコナゾール処理

‘無核紀州’において、GA₃処理およびウニコナゾール処理ともAタイプ種子形成に及ぼす影響は認められなかった。‘平紀州’では、GA₃処理およびウニコナゾール処理ともAタイプ種子に類似しているが、Aタイプ種子より大きい種子(Aタイプ様種子)が観察され、Aタイプ様種子を発現する果実の多くは完全種子を含まなかった。GA₃ 500ppm 6-10W処理で4.2個、GA₃ 500ppm 7-10W処理で2.4個、GA₃ 1000ppm 7-10W処理で6.5個、ウニコナゾール 25ppm 9W処理で2.3個のAタイプ様種子が観察されたが、Aタイプ様種子の発現には処理による一定の傾向はみられなかった。また、Aタイプ種子が形成された‘平紀州’果実では‘無核紀州’と同様、果肉の着色が進んでいる傾向が観察された。

受粉12週間後の胚の発育において、‘無核紀州’のAタイプ種子ではいずれの処理も接合子や前胚で発育が停止していた。また、GA₃処理で前胚の出現率が全体的に20%前後と低く、胚の発育が抑制される傾向がみられた。しかし、処理時期による一定の傾向はみられなかった。完全種子、Aタイプ様種子、不完全種子を合わせた‘平紀州’種子の胚の発育において、無処理ではいずれも前胚～子葉型胚であったのに対し、Aタイプ様種子が出現したGA₃処理およびウニコナゾール処理では接合子が観察されたことから、これらはAタイプ種子である可能性も考えられる。以上のように、Aタイプ様種子の形成は、GA₃の処理時期に一定の傾向はみられず、ジベレリン合成阻害剤のウニコナゾール処理でもAタイプ種子が形成されることから、ジベレリンはAタイプ種子形成に直接的には関与していないと考えられた。

③エチクロゼート、STS およびスクロース処理

‘平紀州’におけるSTS 1.0mM処理では受粉10週間後の落果が極端に多く、そのため、受粉10週間後にSTS 1.0mM処理区を追加した。収穫時の着果率は、STS 1.0mM処理を除くすべての処理区で両品種ともに80.0～100%と高かったのに対し、STS 1.0mM処理では20.0～65.0%と顕著に低かった。

種子形成において、‘無核紀州’ではいずれの処理もAタイプ種子形成に及ぼす影響は認められなかった。‘平紀州’では、スクロース3%処理を除くすべての処理区でAタイプ種子が観察され、STS 1.0mM 8+10Wおよび10W処理においてAタイプ種子の出現率が1果実当たり3.8個、7.3個と多かった。しかし、無処理区においてもAタイプ種子が1.2個観察された。また、エチクロゼート処理による‘平紀州’果実の果肉着色の効果はみられなかった。

受粉14週間後の胚の発育において、‘無核紀州’のAタイプ種子ではいずれの処理も接合子や前胚で発育が停止していたが、エチクロゼート処理で前胚の出現率が約70%と他の処理と比べて胚の発育がやや促進される傾向がみられた。一方、‘平紀州’の胚珠様種子を除いた種子では、エチクロゼートやSTS処理において、子葉型胚の出現率が低下

し、胚の発育が抑制された。特に、STS 1.0mM 10W処理では前胚の出現率が多くみられ、子葉型胚はみられなかった。スクロース処理では、処理濃度が5%と高くなると前胚の出現率が52.9%と高く、胚の発育が抑制される傾向がみられた。しかし、無処理区においても、前胚が観察され、子葉型胚の出現も少なかった。

これらことから、エチレン作用阻害剤は胚の発育を抑制しており、エチレン作用性の著しい機能低下がAタイプ種子形成に関与している可能性が示唆された。

(2) 温度条件が無核紀州型の無核性発現に及ぼす影響

① 温度環境の違いが無核性品種‘サザンイエロー’の種子形成と胚の発育に及ぼす影響

受粉18週間後における種子長と果実当たりの種子数において、高知の露地果実では、Aタイプ種子のみを形成して無核であった。一方、広島を加温果実では3樹とも発育した種子や不完全な発育種子が観察された。発育した種子および不完全な発育種子が出現した果実では、Aタイプ種子の出現はみられなかった。発育種子の種子長は、4.0mm以上でAタイプ種子よりも大きかった。また、受粉14週間後における広島の加温果実では、発育した種子や不完全な発育種子は観察されず、すべてAタイプ種子であったことから、種子および種皮の発育は受粉14週間後以降であると考えられた。

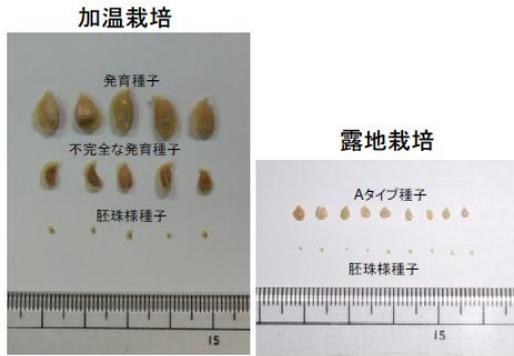
胚の発育では、高知の露地で、受粉8、10週間後はすべて接合子や前胚であり、大部分が接合子であった。受粉14、18週間後においても大部分は接合子や前胚で胚の発育が停止していた。一方、広島の加温では、受粉8週間後はすべて接合子や前胚であったが、受粉10週間後にはわずかに球状胚やハート型胚、子葉型胚に発育したものが観察された。受粉14週間後では、受粉10週間後と同様、大部分が接合子や前胚であったが、球状胚やハート型胚にまで発育した種子もみられた。受粉18週間後は、3樹すべてで子葉型胚が観察され、胚の発育が顕著に促進された。

気温の比較では、広島の加温および高知の露地の平均気温は、受粉7～8週間後にかけて、広島の加温で3℃ほど高かったが、両者で大きな違いがみられなかった。広島の加温の最高気温は、高知の露地と比べて10℃ほど高く、ほぼ35℃以上で推移しており、受粉4週間後以降において40℃以上となることもあった。

これらことから、加温ガラス室内の‘サザンイエロー’では、最高気温がAタイプ種子の胚の発育促進に関与する可能性が考えられた。

2006年では、受粉18週間後における種子長と果実当たりの種子数では、広島の露地果実(b樹)および高知の露地果実で、すべてAタイプ種子を形成して無核であった。一方、広島の加温果実(a樹)では、発育した種子および不完全な発育種子が観察された(第2

図).



第2図 加温栽培により発育した‘サザンイエロー’種子

胚の発育は、広島露地では、受粉10、14週間後にはすべて接合子や前胚であり、受粉18週間後にはわずかに球状胚がみられたが、他はすべて接合子や前胚であった。高知の露地では受粉14週間後には胚の発育が進んだのがみられたが、ほとんどが接合子や前胚であった。受粉18週間後には、広島の露地と同様、球状胚が観察されたが、他はすべて前胚であった。広島の加温では、受粉10週間後には球状胚や魚雷型胚が、受粉14週間後には子葉型胚がみられ、受粉18週間後にはほとんどが子葉型胚であった。受粉10週間後で球状胚が観察されると、受粉18週間後で子葉型胚がみられたことから、無核性発現には受粉10週間後までの温度環境が重要である可能性が示唆された。

気温の比較では、平均気温は受粉2~4週間後において、広島の加温で高くなることがあったが、いずれも大きな差はみられなかった。最低気温では、広島や高知の露地が広島の加温よりやや高い傾向がみられた。最高気温では、広島の加温で顕著に高く、35℃を超えることがしばしばあった。高知の露地では、広島の露地に比べてやや高い傾向がみられた。

これらのことから、無核紀州型の無核性品種‘サザンイエロー’は露地栽培ではほとんどが接合子や前胚で胚の発育は停止し、Aタイプ種子を形成して無核となるが、加温栽培ではAタイプ種子が発育し、子葉型胚まで発育して‘平紀州’の完全種子と同程度の種子を形成して無核とならないことが明らかとなった。無核紀州型の無核性発現では、高温の影響を受けて、胚の発育停止機構が解除され、種子が形成されると考えられた。

2007年の種子形成において、露地果実ではすべてAタイプ種子を形成して無核であった。一方、加温果実では種皮が硬化し、わずかに発育した種子や不完全な種子が観察されたが、多くは種皮が未発達なAタイプ種子であった。

受粉18週間後の胚の発育では、露地において、接合子や前胚であった。加温では、魚雷型胚や子葉型胚にまで発達した胚を含んでいたが、他はほとんどが接合子や前胚のま

までであった。

気温の比較では、加温と露地の平均気温は、両者で大きな違いはみられなかった。最高気温では、受粉0~4週間後において、加温が露地より5℃以上高くなることもあったが、いずれも37℃以下であり、2006年に比べて低かった。また、受粉4.5~8.5週間後では、加温と露地はほぼ同様に推移した。

これらのことから、加温果実のAタイプ種子の発育が前項と比べて促進されなかったのは、加温ガラス室内の最高気温が2006年より低かったことが考えられる。

② 高温処理の違いが‘無核紀州’の胚の発育に及ぼす影響

種子形成において、いずれの袋かけ処理も完全種子、不完全種子はみられず、Aタイプ種子のみが観察された。また、無処理区の種子長は1.2~2.0mmの範囲であったが、0-4W、2-4W、0-12W処理区では2.3mm程度とやや大きなAタイプ種子がわずかに認められた。しかし、平均種子長には有意な差はみられなかった。

受粉18週間後の胚の発育では、無処理区はいずれも接合子や前胚で胚の発育が停止していたが、0-4Wおよび2-4W処理区では、球状胚やハート型胚、魚雷型胚にまで発育したAタイプ種子が観察され、胚の発育促進の効果がみられた。

果実表面温度では、平均気温はいずれの時期の袋かけ処理も無処理区に比べて顕著な温度差はみられなかった。最高気温では、袋かけ処理により高くなることが認められた。胚の発育促進がみられた0-4Wおよび2-4W処理区では、受粉4週間後まで日最高温度の平均値が無処理区に比べて2.7~3.0℃高かった。

これらのことと、これまで‘無核紀州’において球状胚以降の胚の発育は観察されていないことから、受粉4週間後までの温度条件が無核紀州型の無核性発現に重要であると考えられた。

③ 無核紀州型の無核性発現を制御する温度条件

‘無核紀州’の袋かけ処理による温度と胚の発育との関係において、0-4Wおよび2-4W処理区で胚が発育した果実と胚が発育しなかった果実に区別して、温度を比較解析した。受粉4週間後までの果実表面温度の最高気温は、0-4Wおよび2-4W処理区の胚が発育した果実で顕著に高く、袋かけ処理の期間中、32℃以上になることが多かった。0-4W処理区において、胚が発育した果実の日平均温度と日最高温度は、胚が発育しなかった果実に比べて日平均気温はほぼ同様であったが、日最高温度は2.3~3.5℃高かった。2-4W処理区において、受粉2~4週間の日最高温度は、胚が発育した果実で31.3℃であり、胚が発育しなかった果実に比べて高かった。

一方、‘サザンイエロー’における2006年の加温および2007年の加温と露地栽培において、開花0~4週間後における26℃以上の1日当たりの平均遭遇時間は、それぞれ6.5時間、4.6時間、3.0時間であったのに対し、

28℃以上では5.5時間、3.3時間、1.4時間であった。高温遭遇時間は、胚の発育が顕著で多くの種子が発育した2006年の加温栽培で最も長く、次いで胚の発育はみられたが種子の発育は少なかった2007年の加温栽培であった。胚や種子の発育がみられなかった2007年の露地栽培では、高温遭遇時間が最も短かった。開花0~4週間後の1日当たりの平均遭遇時間において、2006年の加温および2007年の加温と露地栽培でいずれも有意差が認められたのは28℃以上であった。

これらのことから、開花0~4週間後における28℃以上の日平均遭遇時間が3時間以上になると胚が発育して種子が形成される可能性のあること、5時間以上になると多くの種子が形成されることが示唆された。

(3) ‘無核紀州’由来の無核性マーカーの開発

CRC2240×‘サザンイエロー’集団において296プライマーを用いて調査した結果、Fs遺伝子座に最も近いマーカーは、Fsからの組換え価が29%となった。Is領域の解析では、144プライマーを用いて調査したが、Isに近接するマーカーを得ることができなかった。‘水晶文旦’×‘サザンイエロー’集団において、CRC2240×‘サザンイエロー’集団と同様な解析を行ったが、有効な結果は得られなかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計9件)

1. 山崎安津・金好純子・古田貴音・我藤雄・文室政彦・羽生剛・北島宣. 2009. 無核紀州型の無核性発現を制御する温度条件. 園芸学研究 8(別2): 138. 査読無
2. 山崎安津・北島宣・札幌高志・羽生剛. 2009. エチクロゼートおよびSTS処理が無核紀州型の無核性発現に及ぼす影響. 園学研. 8(別1): 290. 査読無
3. Yamasaki, A., A. Kitajima, N. Ohara, M. Tanaka and K. Hasegawa. 2009. Characteristics of arrested seeds in mukaku kisyu-type seedless citrus. J. Japan. Hort. Sci. 78: 61-67. 査読有
4. 山崎安津・北島宣. 2008. 高温処理時期の違いが‘無核紀州’の胚の発育に及ぼす影響. 園学研. 7(別1): 283. 査読無
5. Yamasaki, A., A. Kitajima, N. Ohara, M. Tanaka, and K. Hasegawa. 2007. Histological study on the expression of seedlessness in ‘Mukaku Kishu’ (Citrus kinokuni) and its progenies. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132: 869-875. 査読有
6. 山崎安津・北島宣・羽生剛・金好純子・古田貴音・松下修司・小原敏弘・田中

- 満稔. 2007. 温度環境の違いが無核品種‘サザンイエロー’の種子形成と胚の発育に及ぼす影響. 園学研. 6(別1): 42. 査読無
7. 山崎安津・北島宣・羽生剛・清水徳朗・国賀武・吉田俊雄・尾形凡生・長谷川耕二郎・山田利昭. 2006. ‘無核紀州’タイプの無核性発現と胚の発育停止に及ぼすジベレリンの影響. 園芸学会雑誌 75(別2). 96. 査読無

[学会発表] (計2件)

1. Yamasaki, A., J. Kaneyoshi and A. Kitajima. 2009. Effects of high temperature period on seed and embryo development in seedless citrus. 11th International citrus congress. 28 Oct 2008. Wuhan Sci and Tec Conference & Exhibition Center. Wuhan, China.
2. Kitajima, A., A. Yamasaki, T. Habu, T. Shimizu, T. Kuniga, T. Yoshida, Y. Gato, K. Sasaki and T. Yamada. 2007. Seedless mechanism of ‘Mukaku Kishu’, a seedless mandarin cultivar in Citrus kinokuni Hort. ex Tanaka - Effects of plant growth regulators on seedless expression in seedy and seedless cultivars -. International Symposium on Conservation and Use of tropical and sub-tropical fruit species and their Wild Relatives. August 10, 2007. Agricultural Genetics Institute, Hanoi, Vietnam.

[その他]

ホームページ等

<http://www.farm.kais.kyoto-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北島 宣 (KITAJIMA AKIRA)

京都大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号: 70135549

(2) 研究分担者

なし

(3) 研究協力者

山崎 安津 (YAMASAKI ATSU)

京都大学・大学院農学研究科・博士後期課程